

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

VERSION CORRIGÉE

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
10 juin 2004 (10.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/048631 A1

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

C22C 38/54, C21D 8/02, C22C 38/44

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/003361

(22) Date de dépôt international :

13 novembre 2003 (13.11.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

02 14422 19 novembre 2002 (19.11.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : INDUS-  
TEEL CREUSOT [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", La  
Défense 7, 11/13 Cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BE-  
GUINOT, Jean [FR/FR]; 12, rue des Pyrénées, F-71200  
Le Creusot (FR). BRISSON, Jean-Georges [FR/FR]; 45  
bis rue Lamartine, F-71200 Le Creusot (FR).

(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR PI, Im-  
meuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Defense  
Cedex (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,  
BA, BB, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,  
DM, DZ, EC, GD, GE, GH, GM, HR, ID, IL, IN, IS, JP,  
KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, RU, SC, SD, SG, SL, SY, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(48) Date de publication de la présente version corrigée:

30 juin 2005

(15) Renseignements relatifs à la correction:

voir la Gazette du PCT n° 26/2005 du 30 juin 2005, Sec-  
tion II

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: WELDABLE STEEL BUILDING COMPONENT AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

(57) Abstract: The invention concerns weldable steel building components whereof the chemical composition comprises, by weight:  $0.10\% \leq C \leq 0.22\%$ ,  $0.50\% \leq Si \leq 1.50\%$ ,  $Al \leq 0.9\%$ ,  $0\% \leq Mn \leq 3\%$ ,  $0\% \leq Ni \leq 5\%$ ,  $0\% \leq Cr \leq 4\%$ ,  $0\% \leq Cu \leq 1\%$ ,  $0\% \leq Mo + W/2 \leq 1.5\%$ ,  $0.0005\% \leq B < 0.010\%$ ,  $N \leq 0.025\%$ , optionally at least one element selected among V, Nb, Ta, S et Ca, in contents less than 0.3 %, and/or among Ti and Zr in contents not more than 0.5 %, the rest being iron and impurities resulting from preparation, the aluminium, boron, titanium and nitrogen contents, expressed in thousandths of %, of said composition further satisfying the following relationship:  $B \leq 1/3 \times K + 0.5$ , (1) with  $K = \text{Min}(I^*; J^*)$ ,  $I^* = \text{Max}(0; I)$  and  $J^* = \text{Max}(0; J)$ ,  $I = \text{Min}(N; N - 0.29(Ti - 5))$ ,  $J = \text{Min}\{N; 0.5(N - 0.52 Al + \sqrt{j(N - 0.52 Al)^2 + 283})\}$ , the silicon and aluminium contents of the composition additionally verifying the following conditions: if  $C > 0.145$ , then  $Si + Al < 0.95$  and whereof the structure is bainitic, martensitic or martensitic/bainitic and further comprises 3 to 20 % of residual austenite.

(57) Abrégé : L'invention concerne des pièces d'acier de construction soudable dont la composition chimique comprend, en poids,  $0,10\% < C < 0,22\%$ ,  $0,50\% < Si < 1,50\%$ ,  $Al < 0,9\%$ ,  $0\% < Mn < 3\%$ ,  $0\% < Ni < 5\%$ ,  $0\% < Cr < 4\%$ ,  $0\% < Cu < 1\%$ ,  $0\% < Mo + W/2 < 1,5\%$ ,  $0,0005\% < B < 0,010\%$ ,  $N < 0,025\%$ , éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante  $B \leq \frac{1}{3} \times K + 0,5$ , (1) avec  $K = \text{Min}(I^*; J^*)$ ,  $I^* = \text{Max}(0; I)$  et  $J^* = \text{Max}(0; J)$ ,  $I = \text{Min}(N; N - 0,29(Ti - 5))$ ,  $J = \text{Min} N; 0,5 N - 0,52 Al + \sqrt{j(N - 0,52 Al)^2 + 283}$  les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les conditions suivantes si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$  et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle. Procédé de fabrication.

WO 2004/048631 A1

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
10 juin 2004 (10.06.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/048631 A1(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :

C22C 38/54, C21D 8/02, C22C 38/44

(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR PI, Im-  
meuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 La Defense  
Cedex (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/003361

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,  
BA, BB, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CO, CR, CU, DM,  
DZ, EC, GD, GE, GH, GM, HR, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,  
RU, SC, SD, SG, SL, SY, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international :

13 novembre 2003 (13.11.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (BW, GH, GM,  
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet  
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,  
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(30) Données relatives à la priorité :

02 14422 19 novembre 2002 (19.11.2002) FR

(71) Déposant (*pour tous les États désignés. sauf US*) : USI-  
NOR [FR/FR]; Immeuble La Pacific, La Défense 7, 11/13,  
cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : BE-  
GUINOT, Jean [FR/FR]; 12, rue des Pyrénées, F-71200  
Le Creusot (FR). BRISSON, Jean-Georges [FR/FR]; 45  
bis rue Lamartine, F-71200 Le Creusot (FR).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-  
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et  
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de  
la Gazette du PCT.

(54) Title: WELDABLE STEEL BUILDING COMPONENT AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre : PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

(57) Abstract: The invention concerns weldable steel building components whereof the chemical composition comprises, by weight:  
 $0.10\% \leq C \leq 0.22\%$ ,  $0.50\% \leq Si \leq 1.50\%$ ,  $Al \leq 0.9\%$ ,  $0\% \leq Mn \leq 3\%$ ,  $0\% \leq Ni \leq 5\%$ ,  $0\% \leq Cr \leq 4\%$ ,  $0\% \leq Cu \leq 1\%$ ,  
 $0\% \leq Mo + W/2 \leq 1.5\%$ ,  $0.0005\% \leq B < 0.010\%$ ,  $N \leq 0.025\%$ , optionally at least one element selected among V, Nb, Ta,  
S et Ca, in contents less than 0.3 %, and/or among Ti and Zr in contents not more than 0.5 %, the rest being iron and impurities  
resulting from preparation, the aluminium, boron, titanium and nitrogen contents, expressed in thousandths of %, of said composition  
further satisfying the following relationship:  $B \leq 1/3 \times K + 0.5$ , (1) with  $K = \text{Min}(I^*; J^*)$ ,  $I^* = \text{Max}(0; I)$  and  $J^* = \text{Max}(0; J)$ ,  $I =$   
 $\text{Min}(N; N - 0.29(Ti - 5))$ ,  $J = \text{Min}\{N; 0.5(N - 0.52 Al + \sqrt{j(N - 0.52 Al)^2 + 283})\}$ , the silicon and aluminium contents of the composition  
additionally verifying the following conditions: if  $C > 0.145$ , then  $Si + Al < 0.95$  and whereof the structure is bainitic, martensitic  
or martensitic/bainitic and further comprises 3 to 20 % of residual austenite.(57) Abrégé : L'invention concerne des pièces d'acier de construction soudable dont la composition chimique comprend, en poids,  
 $0,10\% < C < 0,22\%$ ,  $0,50\% < Si < 1,50\%$ ,  $Al < 0,9\%$ ,  $0\% < Mn < 3\%$ ,  $0\% < Ni < 5\%$ ,  $0\% < Cr < 4\%$ ,  $0\% < Cu < 1\%$ ,  $0\% < Mo +$   
 $W/2 < 1,5\%$ ,  $0,0005\% < B < 0,010\%$ ,  $N < 0,025\%$ , éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs  
inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de  
l'élaboration, les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant  
en outre la relation suivante  $B \leq \frac{1}{3} \times K + 0,5$ , (1) avec  $K = \text{Min}(I^*; J^*)$ ,  $I^* = \text{Max}(0; I)$  et  $J^* = \text{Max}(0; J)$ ,  $I = \text{Min}(N; N - 0,29(Ti - 5))$   
 $J = \text{Min} N; 0,5 N - 0,52 Al + \sqrt{j(N - 0,52 Al)^2 + 283}$  les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les  
conditions suivantes si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$  et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et  
comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle. Procédé de fabrication.

## PIECE D'ACIER DE CONSTRUCTION SOUDABLE ET PROCEDE DE FABRICATION

5           La présente invention concerne des pièces d'acier de construction soudables et leur procédé de fabrication.

          Les aciers de construction doivent présenter un certain niveau de caractéristiques mécaniques pour être adaptés à l'usage que l'on souhaite en faire, et ils doivent en particulier présenter une dureté élevée. Pour cela, on  
10       utilise des aciers susceptibles d'être trempés, c'est à dire pour lesquels on peut obtenir une structure martensitique ou bainitique lorsqu'on les refroidit de façon suffisamment rapide et efficace. On définit ainsi une vitesse critique bainitique, au-delà de laquelle on obtient une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, en fonction de la vitesse de  
15       refroidissement atteinte.

          L'aptitude à la trempe de ces aciers dépend de leur teneur en éléments trempants. En règle générale, plus ces éléments sont présents en grande quantité, plus la vitesse critique bainitique est faible.

          En dehors de leurs caractéristiques mécaniques, les aciers de  
20       construction doivent également présenter une bonne soudabilité. Or, lorsqu'on soude une pièce d'acier, la zone de soudage, encore appelée Zone Affectée Thermiquement ou ZAT, est soumise à une très haute température pendant un temps bref, puis à un refroidissement brutal qui vont conférer à cette zone une dureté élevée qui peut conduire à des fissurations et  
25       restreindre ainsi la soudabilité de l'acier.

          D'une façon classique, la soudabilité d'un acier peut être estimée à l'aide du calcul de son "carbone équivalent" donné par la formule suivante :

$$C_{eq} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

          En première approximation, plus son carbone équivalent est faible plus  
30       l'acier est soudable. On comprend donc que l'amélioration de la trempabilité,

qui passe par une plus grande teneur en éléments trempants, se fait au détriment de la soudabilité.

Pour améliorer la trempabilité de ces aciers sans dégrader leur soudabilité, on a alors développé des nuances micro-alliées au bore, en profitant de ce que, notamment, l'efficacité trempante de cet élément diminue  
5 lorsque la température d'austénitisation augmente. Ainsi, la ZAT est moins trempante qu'elle ne le serait dans une nuance de même trempabilité sans bore, et l'on peut ainsi diminuer trempabilité et dureté de cette ZAT.

Toutefois, comme l'effet trempant du bore dans la partie non soudée  
10 de l'acier tend à saturer pour des teneurs efficaces de 30 à 50 ppm, une amélioration supplémentaire de la trempabilité de l'acier ne peut alors se faire qu'en ajoutant des éléments trempants dont l'efficacité ne dépend pas de la température d'austénitisation, ce qui pénalise automatiquement la soudabilité de ces aciers. De même, l'amélioration de la soudabilité passe par la  
15 diminution des teneurs en éléments trempants, qui réduit automatiquement la trempabilité.

Le but de la présente invention est de remédier à cet inconvénient en proposant un acier de construction ayant une trempabilité améliorée sans diminution de sa soudabilité.

20 A cet effet, l'invention a pour premier objet une pièce d'acier de construction soudable dont la composition chimique comprend, en poids :

$$0,10\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$0,50\% \leq Si \leq 1,50\%$$

$$Al \leq 0,9\%$$

$$25 \quad 0\% \leq Mn \leq 3\%$$

$$0\% \leq Ni \leq 5\%$$

$$0\% \leq Cr \leq 4\%$$

$$0\% \leq Cu \leq 1\%$$

$$0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\%$$

$$30 \quad 0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$$

$$N \leq 0,025\%$$

éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

- 5 les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min} (I^* ; J^*)$

10  $I^* = \text{Max} (0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max} (0 ; J)$

$$I = \text{Min} (N ; N - 0,29 (Ti - 5))$$

$$J = \text{Min} \left( N ; 0,5 \left( N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283} \right) \right),$$

les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les conditions suivantes :

15 si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$

et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle, de préférence de 5 à 20% d'austénite résiduelle.

Dans un mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1, \text{ de préférence } \geq 2 \quad (2)$$

Dans un autre mode de réalisation préféré, la composition chimique de l'acier de la pièce selon l'invention satisfait en outre la relation :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1,8, \text{ de préférence } \geq 2,0.$$

25 L'invention a également pour deuxième objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'invention, caractérisé en ce que :

- on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $Ac_3$  et 1 000°C, de préférence comprise entre  $Ac_3$  et 950°C, puis on la

refroidit jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

5 - éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à  $Ac_1$ .

Entre 500°C environ et l'ambiante et notamment entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C, la vitesse de refroidissement peut être éventuellement ralentie, notamment pour favoriser un phénomène d'auto-revenu et la rétention de 3% à 20% d'austénite résiduelle.

10 Préférentiellement, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C sera alors comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s ; plus préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

Dans un mode de réalisation préféré, on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps inférieur à 10 heures, à

15 l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

Dans un autre mode de réalisation préféré, le procédé selon l'invention ne comprend pas de revenu à l'issue du refroidissement de la pièce jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

20 Dans un autre mode de réalisation préféré, la pièce soumise au procédé selon l'invention est une tôle d'épaisseur comprise entre 3 et 150 mm.

L'invention a pour troisième objet un procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'invention, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm

25 et 150 mm, et qui est caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la tôle entre 800°C et 500°C, exprimée en °C/heure, et la composition de l'acier étant telles que :

$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 5,5$ ,  
et de préférence  $\geq 6$ , log étant le logarithme décimal.

30 La présente invention est basée sur le constat nouveau que l'ajout de silicium dans les teneurs indiquées ci-dessus permet d'accroître l'effet

tremplant du bore de 30 à 50%. Cette synergie intervient sans augmentation de la quantité de bore ajoutée, alors que le silicium ne présente pas d'effet trempant notable en l'absence de bore.

D'autre part, l'ajout de silicium n'affecte pas la propriété du bore de voir sa trempabilité se réduire puis s'annuler avec des températures d'austénitisation croissantes, comme c'est le cas dans la ZAT.

On voit donc que l'utilisation de silicium en présence de bore permet d'augmenter encore la trempabilité de la pièce sans altérer sa soudabilité.

Par ailleurs, on a également découvert que, grâce à l'amélioration de la trempabilité de ces nuances d'aciers, et en garantissant une teneur minimale en éléments carburigènes que sont, notamment, le chrome, le molybdène et le tungstène, on pouvait fabriquer ces aciers en n'effectuant qu'un revenu à faible température, voire même en le supprimant.

En effet, l'amélioration de la trempabilité permet de refroidir les pièces plus lentement, tout en garantissant une structure essentiellement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique. Ce refroidissement plus lent combiné à une teneur suffisante en éléments carburigènes permet alors la précipitation de fins carbures de chrome, de molybdène et/ou de tungstène par un phénomène dit d'auto-revenu. Ce phénomène d'auto-revenu est, de plus, grandement favorisé par le ralentissement de la vitesse de refroidissement en dessous de 500°C. De même ce ralentissement favorise aussi la rétention d'austénite, préférentiellement dans une proportion comprise entre 3% et 20%. On simplifie donc le procédé de fabrication, tout en améliorant les caractéristiques mécaniques de l'acier, qui ne subit plus d'adoucissement important dû à un revenu à haute température, comme on le pratique habituellement. Il reste cependant possible d'effectuer un tel revenu aux températures usuelles, c'est à dire inférieures ou égales à  $A_{c1}$ .

L'invention va maintenant être décrite plus en détail mais de façon non limitative.

L'acier de la pièce selon l'invention contient, en poids :

- plus de 0,10% de carbone, pour permettre d'obtenir une dureté suffisante, mais moins de 0,22% pour obtenir une excellente soudabilité, une bonne découpassibilité, une bonne aptitude au pliage et une ténacité satisfaisante ;
- plus de 0,50%, de préférence plus de 0,75%, et de façon particulièrement préférée plus de 0,85% en poids, de silicium afin d'obtenir la synergie avec le bore, mais moins de 1,5% en poids pour ne pas fragiliser l'acier ;
- plus de 0,0005%, de préférence plus de 0,001% de bore pour ajuster la trempabilité, mais moins de 0,010% en poids pour éviter une trop grande teneur en nitrures de bore néfastes pour les caractéristiques mécaniques de l'acier ;
- moins de 0,025%, et de préférence moins de 0,015% d'azote, la teneur obtenue étant fonction du procédé d'élaboration de l'acier,
- de 0% à 3% et, de préférence de 0,3% à 1,8% de manganèse, de 0% à 5% et, de préférence de 0% à 2% de nickel, de 0% à 4% de chrome, de 0 à 1 % de cuivre, la somme de la teneur en molybdène et de la moitié de la teneur en tungstène étant inférieure à 1,50% de façon à obtenir une structure principalement bainitique, martensitique ou martensito-bainitique, le chrome, le molybdène et le tungstène ayant, de plus, l'avantage de permettre la formation de carbures favorables à la résistance mécanique et à l'usure comme indiqué précédemment ; en outre, la somme  $\%Cr + 3(\%Mo + \%W/2)$  est de préférence supérieure à 1,8 %, et de façon particulièrement préférée supérieure à 2,0%, afin de pouvoir éventuellement limiter le revenu à 300°C, voire de le supprimer ;
- éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5% et/ou de l'aluminium à une teneur inférieure à 0,9%. L'ajout de V, Nb, Ta, Ti, Zr permet d'obtenir un durcissement par précipitation sans détériorer excessivement la soudabilité. Le titane, le zirconium et l'aluminium peuvent être utilisés pour fixer l'azote présent dans l'acier ce qui protège le bore, le titane pouvant être remplacé en tout ou partie par un poids double de Zr. Le soufre et le calcium permettent d'améliorer l'usinabilité de la nuance.



L'aluminium est limité à 0,9% pour éviter tout problème de bouchage des conduits lors de la coulée.

- les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 \text{ Al} + \sqrt{(N - 0,52 \text{ Al})^2 + 283}\right)\right),$$

avec la condition supplémentaire que :

- si  $C > 0,145$  (et de préférence  $> 0,140$ ), alors  $Si + Al < 0,95$ , et de préférence  $< 0,90$ , afin de délimiter clairement l'invention par rapport à la demande antérieure EP 0 725 156,

- le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

Pour fabriquer une pièce soudable, on élabore un acier conforme à l'invention, on le coule sous forme d'un demi produit qui est alors mis en forme par déformation plastique à chaud, par exemple par laminage ou par forgeage. La pièce ainsi obtenue est alors austénitisée par chauffage à une température au dessus de  $Ac_3$  mais inférieure à  $1\,000^\circ\text{C}$ , et de préférence inférieure à  $950^\circ\text{C}$ , puis refroidie jusqu'à la température ambiante de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre  $800^\circ\text{C}$  et  $500^\circ\text{C}$  soit supérieure à la vitesse critique bainitique. On limite la température d'austénitisation à  $1\,000^\circ\text{C}$ , car au-delà l'effet trempant du bore devient trop faible.

Toutefois, il est également possible d'obtenir la pièce par refroidissement direct dans la chaude de mise en forme (sans réausténitisation) et dans ce cas, même si le chauffage avant mise en forme

dépasse 1000°C tout en restant inférieur à 1300°C, le bore conservant son effet dans ce cas.

Pour refroidir la pièce jusqu'à la température ambiante, depuis la température d'austénitisation, on peut tremper utiliser tous les procédés de trempes connus (air, huile, eau) dès lors que la vitesse de refroidissement  
5 reste supérieure à la vitesse critique bainitique.

On soumet ensuite éventuellement la pièce à un revenu classique à une température inférieure ou égale à  $A_{c1}$ , mais on préfère limiter la température à 300°C, voire même supprimer cette étape. En effet, l'absence  
10 de revenu peut être, éventuellement, compensée par un phénomène d'auto-revenu. Celui-ci est notamment favorisé en autorisant une vitesse de refroidissement à basse température (c'est à dire en dessous de 500°C environ) préférentiellement comprise entre 0,07°/s et 5°/s ; plus préférentiellement entre 0,15°C/s et 2,5°C/s.

A cet effet, on pourra employer tous les moyens de trempe connus, à condition de les contrôler si nécessaire. Ainsi, on pourra par exemple utiliser une trempe à l'eau si on ralentit la vitesse de refroidissement lorsque la température de la pièce descend en dessous de 500°C, ce qui pourra  
15 notamment se faire en sortant la pièce de l'eau pour finir la trempe à l'air.

On obtient ainsi une pièce, et notamment une tôle, soudable constituée d'acier ayant une structure bainitique, martensitique ou martensito-bainitique à cœur, comprenant de 3 à 20% d'austénite résiduelle.  
20

La présence d'austénite résiduelle offre un intérêt particulier en regard du comportement de l'acier au soudage. En effet, en vue de limiter le risque de fissuration au soudage, et complémentirement à la réduction  
25 susmentionnée de la trempabilité de la ZAT, la présence d'austénite résiduelle dans le métal de base, au voisinage de la ZAT, permet de fixer une partie de l'hydrogène dissous, éventuellement introduit par l'opération de soudage, hydrogène qui non ainsi fixé, viendrait accroître le risque de  
30 fissuration.

A titre d'exemple, on a fabriqué des lingotins avec les aciers 1 et 2 conformes à l'invention, et avec les aciers A et B selon l'art antérieur, dont les compositions sont, en millièmes de % en poids, et à l'exception du fer :

	C	Si	B	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	Ti	Al	N
1	145	875	3	1160	180	1600	170	0	0	0	0	55	7
A	147	310	3	1140	210	1610	175	0	0	0	0	52	6
2	215	740	2	1120	190	1550	90	240	55	0	120	10	6
B	212	280	3	1090	200	1590	120	190	65	0	95	12	6

- 5 Après forgeage des lingotins, la trempabilité des quatre aciers a été évaluée par dilatométrie. On s'est ici intéressé à titre d'exemple à la trempabilité martensitique et donc à la vitesse critique martensitique V1 après une austénitisation à 900°C pendant 15 minutes.

- 10 On déduit de cette vitesse V1 les épaisseurs maximales des tôles que l'on peut obtenir en conservant une structure essentiellement martensitique à cœur et comprenant également au moins 3% d'austénite résiduelle. Ces épaisseurs ont été déterminées dans le cas d'une trempe à l'air (A), à l'huile (H) et à l'eau (E).

- 15 Enfin, on a estimé la soudabilité des quatre aciers en calculant leur pourcentage de carbone équivalent selon la formule :

$$C_{eq} = (\%C + \%Mn/6 + (\%Cr + (\%Mo + \%W/2) + \%V)/5 + \%Ni/15)$$

Les caractéristiques des lingotins L1 et L2, conformes à l'invention, et des lingotins LA et LB, données à titre de comparaison, sont :

Lingotin	V1 (°C/h)	Epaisseur max. (mm)			C <sub>eq</sub> (%)
		A	H	E	
L1	12 000	6	50	80	0,704
LA	30 000	2	25	50	0,708
L2	7 500	9	60	110	0,777
LB	17 000	4	40	70	0,781

On constate que les vitesses critiques martensitiques des pièces selon l'invention sont nettement inférieures aux vitesses correspondantes des lingotins en acier de l'art antérieur, ce qui signifie que leur trempabilité a été  
5 sensiblement améliorée, alors que dans le même temps leur soudabilité est inchangée.

L'amélioration de la trempabilité permet ainsi de fabriquer des pièces à structure trempée à cœur dans des conditions de refroidissement moins drastiques que celles de l'art antérieur et/ou dans des épaisseurs maximum  
10 plus fortes.

**REVENDEICATIONS**

1. Pièce d'acier de construction soudable, caractérisée en ce que sa composition chimique comprend, en poids :

$$\begin{aligned}
 &0,10\% \leq C \leq 0,22\% \\
 &0,50\% \leq Si \leq 1,50\% \\
 &Al \leq 0,9\% \\
 &0\% \leq Mn \leq 3\% \\
 &0\% \leq Ni \leq 5\% \\
 &0\% \leq Cr \leq 4\% \\
 &0\% \leq Cu \leq 1\% \\
 &0\% \leq Mo + W/2 \leq 1,5\% \\
 &0,0005\% \leq B \leq 0,010\% \\
 &N \leq 0,025\%
 \end{aligned}$$

éventuellement au moins un élément pris parmi V, Nb, Ta, S et Ca, en des teneurs inférieures à 0,3%, et/ou parmi Ti et Zr en des teneurs inférieures ou égales à 0,5%, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

les teneurs en aluminium, en bore, en titane et en azote, exprimées en millièmes de %, de ladite composition satisfaisant en outre la relation suivante :

$$B \geq \frac{1}{3} \times K + 0,5, \quad (1)$$

avec  $K = \text{Min}(I^* ; J^*)$

$$I^* = \text{Max}(0 ; I) \quad \text{et} \quad J^* = \text{Max}(0 ; J)$$

$$I = \text{Min}(N ; N - 0,29(Ti - 5))$$

$$J = \text{Min}\left(N ; 0,5\left(N - 0,52 Al + \sqrt{(N - 0,52 Al)^2 + 283}\right)\right),$$

les teneurs en silicium et en aluminium de la composition vérifiant en outre les conditions suivantes :

si  $C > 0,145$ , alors  $Si + Al < 0,95$

et dont la structure est bainitique, martensitique ou martensito-bainitique et comprend en outre de 3 à 20% d'austénite résiduelle.

2. Pièce d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

5 
$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1 \quad (2)$$

3. Pièce d'acier selon la revendication 2, caractérisée en outre en ce que sa composition chimique satisfait la relation suivante :

$$1,1\% \text{Mn} + 0,7\% \text{Ni} + 0,6\% \text{Cr} + 1,5(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2 \quad (2)$$

4. Pièce d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,  
10 caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 1,8.$$

5. Pièce d'acier selon la revendication 4, caractérisée en ce que sa composition chimique satisfait en outre la relation suivante :

15 
$$\% \text{Cr} + 3(\% \text{Mo} + \% \text{W}/2) \geq 2,0.$$

6. Procédé de fabrication d'une pièce en acier soudable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que,

- on austénitise la pièce par chauffage à une température comprise entre  $A_{c3}$  et 1 000°C, puis on la refroidit jusqu'à une température inférieure ou  
20 égale à 200°C, de telle sorte que, au cœur de la pièce, la vitesse de refroidissement entre 800°C et 500°C soit supérieure ou égale à la vitesse critique bainitique,

- éventuellement, on effectue un revenu à une température inférieure ou égale à  $A_{c1}$ .

- 25 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que, au cœur de ladite pièce, la vitesse de refroidissement entre 500°C et une température inférieure ou égale à 200°C est comprise entre 0,07°C/s et 5°C/s .

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on effectue un revenu à une température inférieure à 300°C pendant un temps  
30 inférieur à 10 heures, à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.

9. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on n'effectue pas de revenu à l'issue du refroidissement jusqu'à une température inférieure ou égale à 200°C.
- 5 10. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :
- $$1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 5,5.$$
- 10 11. Procédé de fabrication d'une tôle en acier soudable selon la revendication 10, dont l'épaisseur est comprise entre 3 mm et 150 mm, caractérisé en outre en ce qu'on réalise une trempe de ladite tôle, la vitesse de refroidissement  $V_R$  au cœur de la pièce entre 800°C et 500°C et la composition de l'acier étant telles que :
- 15  $1,1\%Mn + 0,7\%Ni + 0,6\%Cr + 1,5(\%Mo + \%W/2) + \log V_R \geq 6.$

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03361

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 C22C38/54 C21D8/02 C22C38/44

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 226 (C-1194), 25 April 1994 (1994-04-25) -& JP 06 017188 A (NKK CORP), 25 January 1994 (1994-01-25)	1-5
A	abstract	6-11
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 154 (C-0825), 18 April 1991 (1991-04-18) -& JP 03 031443 A (AICHI STEEL WORKS LTD), 12 February 1991 (1991-02-12)	1-5
A	abstract	6-11
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 March 2004

Date of mailing of the international search report

15/03/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vlassi, E



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No

PCT/FR 03/03361

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 113 (C-1033), 9 March 1993 (1993-03-09) -& JP 04 297548 A (KOBE STEEL LTD), 21 October 1992 (1992-10-21)	1-5
A	abstract	6-11
X	WO 96/22396 A (BRITISH STEEL PLC ;BHADESHIA HARSHAD KUMAR DHARAM (GB); JERATH VIJ) 25 July 1996 (1996-07-25)	1-5
A	claims 1-12 page 1, paragraph 1 - page 11, paragraph 4	6-11
A	EP 0 725 156 A (CREUSOT LOIRE) 7 August 1996 (1996-08-07) cited in the application claims 1-13 page 2, line 1 - page 7, line 58	1-11
A	US 4 854 976 A (ERA HIDENORI ET AL) 8 August 1989 (1989-08-08) claim 1 column 2, line 1 - column 6, line 45	1-11
A	US 6 159 312 A (BANGARU NARASIMHA-RAO V ET AL) 12 December 2000 (2000-12-12) claims 1-26	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 01, 31 January 2000 (2000-01-31) -& JP 11 279690 A (NIPPON STEEL CORP), 12 October 1999 (1999-10-12) abstract	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 080 (C-0689), 15 February 1990 (1990-02-15) -& JP 01 298116 A (KAWASAKI STEEL CORP), 1 December 1989 (1989-12-01) abstract	1-11
A	EP 0 974 677 A (NIPPON STEEL CORP) 26 January 2000 (2000-01-26) claims 1-13 tables 1-7	1-11
A	EP 0 974 678 A (CREUSOT LOIRE) 26 January 2000 (2000-01-26) claims 1-14	1-11

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 03/03361

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 06017188	A	25-01-1994	JP 3003451 B2	31-01-2000
JP 03031443	A	12-02-1991	NONE	
JP 04297548	A	21-10-1992	NONE	
WO 9622396	A	25-07-1996	GB 2297094 A AU 703809 B2 AU 4351896 A BG 101785 A BR 9606926 A CA 2210797 A1 CN 1175980 A ,B CZ 9702277 A3 EE 9700156 A EG 20676 A EP 0804623 A1 FI 973065 A WO 9622396 A1 JP 11502564 T PL 321366 A1 RO 116650 B1 US 5879474 A ZA 9600438 A	24-07-1996 01-04-1999 07-08-1996 30-04-1998 11-11-1997 25-07-1996 11-03-1998 18-03-1998 15-12-1997 30-11-1999 05-11-1997 18-09-1997 25-07-1996 02-03-1999 08-12-1997 30-04-2001 09-03-1999 08-08-1996
EP 0725156	A	07-08-1996	FR 2729974 A1 DE 69613868 D1 DE 69613868 T2 EP 0725156 A1 JP 8239738 A US 5695576 A	02-08-1996 23-08-2001 29-11-2001 07-08-1996 17-09-1996 09-12-1997
US 4854976	A	08-08-1989	NONE	
US 6159312	A	12-12-2000	US 6066212 A AT 410446 B AT 911699 A AU 761119 B2 AU 2709700 A BR 9916381 A CA 2353926 A1 CN 1125882 B DE 19983820 T0 DK 200100944 A EG 22122 A EP 1144698 A1 FI 20011290 A GB 2358873 A ,B ID 29178 A JP 2002533567 T SE 0102044 A TW 550300 B WO 0037689 A1 AT 409388 B AT 915598 A AU 741006 B2 AU 8151098 A BG 104623 A	23-05-2000 25-04-2003 15-09-2002 29-05-2003 12-07-2000 11-09-2001 29-06-2000 29-10-2003 31-01-2002 18-06-2001 30-08-2002 17-10-2001 18-06-2001 08-08-2001 09-08-2001 08-10-2002 09-08-2001 01-09-2003 29-06-2000 25-07-2002 15-12-2001 22-11-2001 12-07-1999 30-03-2001

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR 03/03361

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6159312	A	BR 9813690 A CA 2315086 A1 CN 1306582 T DE 19882881 T0 DK 200000937 A EP 1040205 A1 ES 2181565 A1 FI 20001441 A GB 2347684 A , B HR 980344 A1 HU 0101159 A2 ID 26843 A JP 2001527154 T NO 20003173 A NZ 505335 A PL 341755 A1 SE 517697 C2 SE 0002246 A SI 20277 A SK 8742000 A3 TR 200001855 T2 TW 459053 B WO 9932671 A1 ZA 9805320 A	10-10-2000 01-07-1999 01-08-2001 12-07-2001 16-06-2000 04-10-2000 16-02-2003 16-06-2000 13-09-2000 31-08-1999 28-08-2001 15-02-2001 25-12-2001 21-08-2000 26-04-2002 07-05-2001 02-07-2002 16-06-2000 31-12-2000 18-01-2001 22-01-2001 11-10-2001 01-07-1999 20-12-1999
JP 11279690	A	12-10-1999	NONE
JP 01298116	A	01-12-1989	JP 2698374 B2 19-11-1998
EP 0974677	A	26-01-2000	JP 11036039 A 09-02-1999 JP 11061326 A 05-03-1999 JP 11100635 A 13-04-1999 JP 11100639 A 13-04-1999 JP 11100640 A 13-04-1999 JP 11100636 A 13-04-1999 JP 11080879 A 26-03-1999 AU 716203 B2 24-02-2000 AU 5576798 A 18-08-1998 CA 2278841 A1 30-07-1998 EP 0974677 A1 26-01-2000 US 6544354 B1 08-04-2003 AU 711873 B2 21-10-1999 AU 5067998 A 22-06-1998 CA 2273334 A1 04-06-1998 CN 1241219 A , B 12-01-2000 CN 1246161 T 01-03-2000 EP 0952235 A1 27-10-1999 JP 10273752 A 13-10-1998 WO 9823785 A1 04-06-1998 WO 9832889 A1 30-07-1998 KR 2000057266 A 15-09-2000 TW 384313 B 11-03-2000 US 6319338 B1 20-11-2001 AU 717294 B2 23-03-2000 AU 6311898 A 12-10-1998 CA 2283924 A1 24-09-1998 CN 1251140 T 19-04-2000 EP 0969112 A1 05-01-2000

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 03/03361

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0974677	A	WO 9841664 A1 TW 426742 B	24-09-1998 21-03-2001
EP 0974678	A	26-01-2000	
		FR 2781506 A1	28-01-2000
		CA 2278407 A1	21-01-2000
		EP 0974678 A1	26-01-2000
		JP 2000054026 A	22-02-2000
		KR 2000011781 A	25-02-2000
		US 6322642 B1	27-11-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 03/03361

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 C22C38/54 C21D8/02 C22C38/44

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 C22C C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 226 (C-1194), 25 avril 1994 (1994-04-25) -& JP 06 017188 A (NKK CORP), 25 janvier 1994 (1994-01-25) abrégé	1-5
A		6-11
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 154 (C-0825) 18 avril 1991 (1991-04-18) -& JP 03 031443 A (AICHI STEEL WORKS LTD), 12 février 1991 (1991-02-12) abrégé	1-5
A		6-11
	-/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### ° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

8 mars 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

15/03/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Vlassi, E

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande  
PCT/FR 03/03361

tionale No

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 113 (C-1033), 9 mars 1993 (1993-03-09) -& JP 04 297548 A (KOBE STEEL LTD), 21 octobre 1992 (1992-10-21)	1-5
A	abrégé	6-11
X	WO 96/22396 A (BRITISH STEEL PLC ;BHADSHIA HARSHAD KUMAR DHARAM (GB); JERATH VIJ) 25 juillet 1996 (1996-07-25)	1-5
A	revendications 1-12 page 1, alinéa 1 - page 11, alinéa 4	6-11
A	EP 0 725 156 A (CREUSOT LOIRE) 7 août 1996 (1996-08-07) cité dans la demande revendications 1-13 page 2, ligne 1 - page 7, ligne 58	1-11
A	US 4 854 976 A (ERA HIDENORI ET AL) 8 août 1989 (1989-08-08) revendication 1 colonne 2, ligne 1 - colonne 6, ligne 45	1-11
A	US 6 159 312 A (BANGARU NARASIMHA-RAO V ET AL) 12 décembre 2000 (2000-12-12) revendications 1-26	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 01, 31 janvier 2000 (2000-01-31) -& JP 11 279690 A (NIPPON STEEL CORP), 12 octobre 1999 (1999-10-12) abrégé	1-11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 080 (C-0689), 15 février 1990 (1990-02-15) -& JP 01 298116 A (KAWASAKI STEEL CORP), 1 décembre 1989 (1989-12-01) abrégé	1-11
A	EP 0 974 677 A (NIPPON STEEL CORP) 26 janvier 2000 (2000-01-26) revendications 1-13 tableaux 1-7	1-11
A	EP 0 974 678 A (CREUSOT LOIRE) 26 janvier 2000 (2000-01-26) revendications 1-14	1-11

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 03/03361

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 06017188	A	25-01-1994	JP 3003451 B2	31-01-2000
JP 03031443	A	12-02-1991	AUCUN	
JP 04297548	A	21-10-1992	AUCUN	
WO 9622396	A	25-07-1996	GB 2297094 A	24-07-1996
			AU 703809 B2	01-04-1999
			AU 4351896 A	07-08-1996
			BG 101785 A	30-04-1998
			BR 9606926 A	11-11-1997
			CA 2210797 A1	25-07-1996
			CN 1175980 A ,B	11-03-1998
			CZ 9702277 A3	18-03-1998
			EE 9700156 A	15-12-1997
			EG 20676 A	30-11-1999
			EP 0804623 A1	05-11-1997
			FI 973065 A	18-09-1997
			WO 9622396 A1	25-07-1996
			JP 11502564 T	02-03-1999
			PL 321366 A1	08-12-1997
			RO 116650 B1	30-04-2001
			US 5879474 A	09-03-1999
			ZA 9600438 A	08-08-1996
EP 0725156	A	07-08-1996	FR 2729974 A1	02-08-1996
			DE 69613868 D1	23-08-2001
			DE 69613868 T2	29-11-2001
			EP 0725156 A1	07-08-1996
			JP 8239738 A	17-09-1996
			US 5695576 A	09-12-1997
US 4854976	A	08-08-1989	AUCUN	
US 6159312	A	12-12-2000	US 6066212 A	23-05-2000
			AT 410446 B	25-04-2003
			AT 911699 A	15-09-2002
			AU 761119 B2	29-05-2003
			AU 2709700 A	12-07-2000
			BR 9916381 A	11-09-2001
			CA 2353926 A1	29-06-2000
			CN 1125882 B	29-10-2003
			DE 19983820 T0	31-01-2002
			DK 200100944 A	18-06-2001
			EG 22122 A	30-08-2002
			EP 1144698 A1	17-10-2001
			FI 20011290 A	18-06-2001
			GB 2358873 A ,B	08-08-2001
			ID 29178 A	09-08-2001
			JP 2002533567 T	08-10-2002
			SE 0102044 A	09-08-2001
			TW 550300 B	01-09-2003
			WO 0037689 A1	29-06-2000
			AT 409388 B	25-07-2002
			AT 915598 A	15-12-2001
			AU 741006 B2	22-11-2001
			AU 8151098 A	12-07-1999
			BG 104623 A	30-03-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 03/03361

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6159312 A		BR 9813690 A CA 2315086 A1 CN 1306582 T DE 19882881 T0 DK 20000937 A EP 1040205 A1 ES 2181565 A1 FI 20001441 A GB 2347684 A , B HR 980344 A1 HU 0101159 A2 ID 26843 A JP 2001527154 T NO 20003173 A NZ 505335 A PL 341755 A1 SE 517697 C2 SE 0002246 A SI 20277 A SK 8742000 A3 TR 200001855 T2 TW 459053 B WO 9932671 A1 ZA 9805320 A	10-10-2000 01-07-1999 01-08-2001 12-07-2001 16-06-2000 04-10-2000 16-02-2003 16-06-2000 13-09-2000 31-08-1999 28-08-2001 15-02-2001 25-12-2001 21-08-2000 26-04-2002 07-05-2001 02-07-2002 16-06-2000 31-12-2000 18-01-2001 22-01-2001 11-10-2001 01-07-1999 20-12-1999
JP 11279690 A	12-10-1999	AUCUN	
JP 01298116 A	01-12-1989	JP 7698374 B2	19-01-1998
EP 0974677 A	26-01-2000	JP 11036039 A JP 11061326 A JP 11100635 A JP 11100639 A JP 11100640 A JP 11100636 A JP 11080879 A AU 716203 B2 AU 5576798 A CA 2278841 A1 EP 0974677 A1 US 6544354 B1 AU 711873 B2 AU 5067998 A CA 2273334 A1 CN 1241219 A , B CN 1246161 T EP 0952235 A1 JP 10273752 A WO 9823785 A1 WO 9832889 A1 KR 2000057266 A TW 384313 B US 6319338 B1 AU 717294 B2 AU 6311898 A CA 2283924 A1 CN 1251140 T EP 0969112 A1	09-02-1999 05-03-1999 13-04-1999 13-04-1999 13-04-1999 13-04-1999 26-03-1999 24-02-2000 18-08-1998 30-07-1998 26-01-2000 08-04-2003 21-10-1999 22-06-1998 04-06-1998 12-01-2000 01-03-2000 27-10-1999 13-10-1998 04-06-1998 30-07-1998 15-09-2000 11-03-2000 20-11-2001 23-03-2000 12-10-1998 24-09-1998 19-04-2000 05-01-2000



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/03361

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0974677 A		WO 9841664 A1 TW 426742 B	24-09-1998 21-03-2001
EP 0974678 A	26-01-2000	FR 2781506 A1 CA 2278407 A1 EP 0974678 A1 JP 2000054026 A KR 2000011781 A US 6322642 B1	28-01-2000 21-01-2000 26-01-2000 22-02-2000 25-02-2000 27-11-2001